



Styrning av kundanpassade timmerflöden

-Inverkan av traktbankens storlek och utbytesprognosens tillförlitlighet

Control of timber flows tailored to customer needs

-Influence of size of tract register and accuracy of log tally projection

Jakob Staland

Arbetsrapport 85 2001



Styrning av kundanpassade timmerflöden

-Inverkan av traktbankens storlek och utbytesprognosens tillförlitlighet

Control of timber flows tailored to customer needs

-Influence of size of tract register and accuracy of log tally projection

Jakob Staland

Arbetsrapport 85 2001

Examensarbete i skoglig planering

Handledare: Ljusk-Ola Eriksson, SLU

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-77 81 16

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR--85 --SE

Förord

Denna uppsats i ämnet skoglig planering utgör mitt examensarbete om 20 studiepoäng för erhållande av skoglig magisterexamen. Genom examensarbetet har jag fått tillfälle att fördjupa mig i en liten del av ett komplext skogligt planeringsproblem. Arbetet har utförts vid institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik vid Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå. Värd företag har varit AB Forssjö Bruk i Forssjö.

Till min handledare och examinator vid SLU, *professor Ljusk-Ola Eriksson*, vill jag rikta ett varmt tack för det tålamod och stora engagemang som han uppvisat under arbetets gång. Examensarbetet var för mig ett stort steg in i vetenskapens värld, men med Ljusk-Ola Eriksson som lott har färden varit både säker och stimulerande. Vid institutionen vill jag även tacka *Henrik Feychting*, som gett mig många värdefulla råd om hantering och behandling av stora datamängder, och *Sören Holm*, som gett råd om urval och försöksupplägg.

Vid SkogForsk i Uppsala vill jag tacka *Jan Sondell* som varit ett stort stöd med sin stora kunskap om och erfarenhet av samverkan mellan skog och såg som han generöst delat med sig av. Vid SkogForsk vill jag även tacka *John Arlinger* och *Johan J. Möller* som hjälpt mig att komma tillrätta när Aptan trilsrats.

Vid AB Forssjö Bruk i Forssjö vill jag tacka *Veine Wahlbäck* som gett mig en klar bild av hur ett sågverks råvaruförsörjning fungerar i praktiken och med en stor nyfikenhet och entusiasm tagit sig an resultat och idéer. Tack även till *Tord Karlsson* som har hjälpt mig att få fram hanterbara data från sågverkets inmätning.

Sist, men inte minst, vill jag tacka mina kurskamrater på kurs 97/01, släkt och vänner som hållit mitt humör uppe och varit ett stöd under arbetets gång.

Umeå i augusti 2001.



Jakob Staland

Summary

In order to direct our harvesting operations, we need information about the forests that we are operating in. One way of getting information about our forests is to make computerized bucking simulations that will provide information of how the length, diameter and quality will be distributed in a stand. Computerized bucking simulations may therefore be a useful tool for directing the flow of timber from the forests to the sawmill.

The aim of the study was to answer the following questions: What is the accuracy of the prognosis that we can expect if using the computerized bucking simulation tool Aptan, designed by the Forestry Research Institute of Sweden, in practical use? How are the possibilities to direct our customer-oriented flow of timber from the forests to the sawmills affected by the size of the register of harvesting tracts?

The study was conducted by comparing the conformity between log tallies from the prognosis, log tallies from the harvester, log tallies from the sawmill log measurements and log tallies from the sawmill production planning log measurements. The variation in customer demands was simulated by creating different demand log tallies for four different demand scenarios: increased demand of spruce timber, increased demand of pine timber, increased demand for special dimension timber and finally no change in demand. All data in the study originates from AB Forssjö Bruk in Forssjö, close to Katrineholm, central Sweden.

The following conclusions were made:

- There are problems associated with computerized bucking simulations on log tally level.
- The conformity between the prognosis log tally and the sawmill log tally was in average 48 % for pine and 53 % for spruce. The conformity between harvester log tally and sawmill log tally was in average 81 % for pine and 82 % for spruce.
- The possibilities to meet a change in customer demand increases with a larger register of harvesting tracts. A small register of harvesting tracts might be sufficient, but it is then more important to be able to predict the customer demand. The composition of the register of harvesting tracts becomes more important if the register of harvesting tract is small. A large register of harvesting tracts gives more options and is therefore valuable.
- The study also indicates that the possibilities to satisfy the demand tally with any given register of harvesting tracts requires about the same tree species composition in the demand log tally and register of harvesting tracts.

Sammanfattning

För att kunna styra våra avverkningsoperationer i skogen är vi beroende av någon form av beslutsunderlag. En form beslutsunderlag är prognoser på utfall vid avverkning som ger en skattning av längd-, diameter- och kvalitetsfördelning i ett avverkningsobjekt. Prognoser kan vara till hjälp vid styrning av timmerflöden från skog till såg.

Denna uppsats har till syfte att besvara frågorna: Vilken prognosnoggrannhet kan erhållas med hjälp av SkogForsks apteringssimulator Aptan i praktisk drift? Hur påverkas möjligheterna att styra timmerflödet mot vad marknaden efterfrågar av hur stor traktbanken är?

Arbetet har bestått i att jämföra stocknotor från prognos, skördare, inmätning och postning samt simuleringar av hur olika traktbanksstorlekar kan uppfylla skiftande efterfrågan. Skiftande efterfrågan har simulerats genom att skapa önskestocknotor (detaljerad efterfrågan) för fyra olika efterfrågescenarier. Efterfrågescenarierna simulerar ökad efterfrågan på: gran, tall, specialdimensioner samt ingen förändrad efterfrågan. Allt material i studien kommer från AB Forssjö Bruk i Forssjö, nära Katrineholm.

Studien av prognosens noggrannhet i termer av fördelningsgrad visade att det finns problem förenade med att göra objektsvisa prognoser på utfall vid avverkning. Fördelningsgraden anger, förenklat uttryckt, hur väl två stocknotor stämmer överens. Vid jämförelse av fördelningen mellan ett virkesparti vid prognos och sedan vid inmätning och postning var fördelningsgraden i medeltal 48 % för tall och 53 % för gran. Fördelningsgraden mellan skördare och postning är för gran lika rättvisande som fördelningsgraden mellan inmätning och postning. Fördelningsgraden mellan inmätning och postning 88 % för tall och 80 % för gran. I andra studier har fördelningsgrader på 90 % erhållits mellan prognos och inmätning.

Studien visar att möjligheterna att kunna hantera en skiftande efterfrågan ökar med en större traktbank. En liten traktbank kan vara tillräckligt, men då ställs högre krav på förmåga att förutse efterfrågan samt ett noggrannare val av objekt till traktbanken. En stor traktbank ger större valfrihet och har således ett värde.

Om inte önskestocknotan och traktbanken har en liknande trädslagssammansättning minskar möjligheterna att leverera en liten avvikelse för flera olika scenarier.

Innehållsförteckning

FÖRORD	1
SUMMARY	2
SAMMANFATTNING	3
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	4
1 INLEDNING	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte	7
1.3 Disposition.....	7
2 STUDIE AV UTBYTESPROGNOSENS TILLFÖRLITLIGHET	8
2.1 Inledning	8
2.2 Jämförelsepunkter	8
2.3 Material.....	9
2.3.1 Stocknota prognos	9
2.3.1.1 StandIn	10
2.3.1.2 Aptan	10
2.3.2 Stocknota skördare	10
2.3.3 Stocknota inmätning.....	10
2.3.4 Stocknota postning	11
2.4 Fördelningsgrad	11
2.4.1 Total fördelningsgrad	12
2.4.2 Diameterklassvägd fördelningsgrad	12
2.5 Resultat.....	12
3 TRAKTBANKENS STORLEKS INVERKAN.....	16
3.1 Inledning	16
3.1.1 Bakgrund	16
3.1.2 Syfte och genomförande.....	16

3.2	Material	17
3.2.1	Korrigerings av prognosens värde	17
3.2.2	Prislista	17
3.2.3	Önskestocknota	18
3.2.3.1	Trädslagssammansättning	18
3.2.4	Traktbanken.....	19
3.2.4.1	Traktbankens storlek	19
3.2.4.2	Val av objekt till traktbanken	19
3.3	Metoder	19
3.3.1	Problemformulering	19
3.3.2	Optimeringsmodell.....	20
3.4	Resultat.....	22
4	DISKUSSION	25
4.1	Tolkning av resultat	25
4.2	Svagheter i studien	26
4.3	Framtida forskning	26
	REFERENSER	28
	Litteraturförteckning.....	28
	Personliga meddelanden	29
	BILAGOR.....	30

1 Inledning

1.1 Bakgrund

För att kunna planera och styra våra avverkningsoperationer i skogen är vi beroende av någon form av beslutsunderlag. Det kan röra sig om allt mellan avverkningsobjektets geografiska läge till detaljerade uppgifter om diameterfördelning och timmerkvaliteter i beståndet. Med hjälp av vårt beslutsunderlag kan vi göra skattningar om vad som kommer att falla ut vid avverkning. Dessa skattningar, *prognoser*, kan vi sedan använda för att styra våra avverkningar mot de objekt som ger det utfall vi för närvarande önskar. Prognoser på utfall vid avverkning ger en skattning av hur längder, diametrar och kvaliteter kommer att vara fördelade.

Genom att göra prognoser på utfall vid avverkning kan sågverket få en bättre uppfattning om vad som kommer att levereras till sågen under den kommande månaden, kvartalet eller vilken planeringshorisont man nu har. Bra prognoser av såväl vilka volymer som vilka kvaliteter som kommer att levereras underlättar produktionsplaneringen i sågverket. Med hjälp av prognoser får vi också större möjligheter att styra avverkningarna i tid och rum (Sondell, 1997). Genom att pröva olika kombinationer av avverkningsobjekt försöker man skapa en mix som svarar mot aktuell efterfrågan från sågverk och köpare av sågad vara. Detta är i första hand en fördel för företag med såväl eget skogsinnehav som sågverksrörelse, eftersom de bättre kan styra avverkningarna än ett sågverk med många olika timmerleverantörer.

Det finns flera datorprogram som är bra stöd vid utbytesprognoser. Exempel på sådana program är Aptan och DaptBas (Kihlbom och Sondell, 1994), BASS-BEST/UPR (Fridh, 1999) samt Trakt 98 (Herweg, 1999). Jag har i denna uppsats använt mig av Aptan som är en apteringssimulator. Det har gjorts tidigare studier för att utvärdera olika datorprogram för prognoser på utfall vid avverkning, exempelvis Fridh (1999), Hansson (1999) och Möller (et al., 1999).

För att överhuvudtaget kunna styra avverkningsoperationerna i skogen krävs det att man har någon form av lager av avverkningsbara objekt, en traktbank. Med traktbank avses i denna uppsats ett lager av avverkningsobjekt som är redo för avverkning, och för vilka det föreligger en prognos på stocknotnivå över förväntat utfall vid avverkning. Genom att traktbanken innehåller fler objekt än vad som skall avverkas under en given tidsperiod skapas en valfrihet och det blir möjligt att göra aktiva val av avverkningsobjekt.

På kort sikt är traktbanken låst till de objekt som finns i den, att förändra traktbankens utseende kräver tid i och med att nya inventeringsdata måste inhämtas. Målsättningen är att objekten i traktbanken skall uppfylla sågverkets önskemål om trädslag, kvaliteter och dimensioner på ett så bra sätt som möjligt.

Vi kan således konstatera att för att få bra styrbarhet bör två villkor vara uppfyllda: dels behöver man kunna göra bra prognoser av utfallet från avverkningsobjekt, dels behöver man en viss storlek på traktbanken för att kunna anpassa uttagen till efterfrågan.

Dessa frågor har studerats utifrån material från AB Forssjö Bruk i Forssjö, nära Katrineholm. AB Forssjö Bruk bedriver skogsbruk, jordbruk, fastighetsförvaltning, sågverksrörelse och i anslutning till sågverket en pelletsfabrik. Den här studien har bedrivits i samarbete med skog och sågverksdelen av företaget. Sågverksrörelsen producerar årligen 100 000 m³ sågad vara. I och med att man endast sågar mot order så är kundanpassning av produktionen mycket intressant och detta har gjort det naturligt att genomföra det här projektet i samarbete med AB Forssjö Bruk.

1.2 Syfte

Uppsatsen har till syfte att besvara två frågor med det gemensamma målet att ge svar på vilken inverkan egenskaperna hos traktbanken har på möjligheterna att styra timmerflödet:

- Vilken prognosnoggrannhet kan erhållas med hjälp av SkogForsks apteringssimulator Aptan i praktisk drift?
- Hur påverkar traktbankens storlek möjligheterna att styra timmerflödet mot vad marknaden efterfrågar?

1.3 Disposition

I kapitel 2 kan läsaren följa hur prognosens tillförlitlighet har beräknats. Här beskrivs också vilka stocknotor som använts och hur dessa har jämförts. Resultaten av denna del har sedan utnyttjats som indata i studien kring traktbankens storlek.

Kapitel 3 förklarar hur olika traktbanksstorlekar har utvärderats samt hur väl dessa kan uppfylla skiftande önskemål från sågverket.

I kapitel 4 följer en diskussion om vilka slutsatser man kan dra av resultaten i tidigare kapitel samt vilka svagheter som finns i studiens upplägg.

2 Studie av utbytesprognosens tillförlitlighet

2.1 Inledning

En utbytesprognos på utfall vid avverkning kan se ut på många olika sätt. SkogForsks prognosverktyg Aptan ger stocknotor per sortiment för alla sortiment i en prislista på basis av data från cirkelprovytor eller linjetaxering i objektet. En stocknota anger antal stockar i de dimensioner (kombination av längd och diameter) som finns angivna i prislistan. Prognosen kan användas på objektsnivå men också i större skala. Genom att studera hur väl prognosens fördelning stämmer överens med skördarstocknotans, inmätningens och postningsvalets fördelning får vi en bild av prognosens tillförlitlighet. Vi får också en bild av hur tillförlitlig informationen om ett virkesparti är i olika led. Med god information om vårt virke, såväl i skogen med hjälp av prognos som vid avlägg med hjälp av skördarens produktionsfiler, ökar våra möjligheter att styra virkesflöden. Med hjälp av de avvikelser som går att fastställa här kan vi dessutom göra en korigerad prognos som används senare i denna uppsats. Med fördelning avses här hur den relativa andelen stockar från ett avverkat objekt är fördelat över stocknotan.

Stocknotor finns från prognos beräknad med Aptan, skördarens produktion, inmätning samt sågverkets postningsval. Jämförelser har gjorts mellan prognos – skördare, prognos – inmätning, prognos – postningsval, skördare – inmätning, skördare – postningsval och inmätning - postningsval. Överensstämmelsen mellan de olika stocknotornas fördelning kommer att jämföras med måttet fördelningsgrad, som presenteras närmare senare i detta kapitel. Närmast skall jag presentera och motivera de olika jämförelsepunkterna närmare. Därefter presenterar jag hur stocknotorna bakom jämförelserna skapats, metodiken för jämförelserna av dem (fördelningsgraden) och sist resultaten.

2.2 Jämförelsepunkter

För samtliga objekt har fyra jämförelsepunkter beaktats. Dessa är *prognosen*, *skördarens produktionsfil (PRD-fil)*, *inmätning* samt *postning*.

Jämförelse prognos – skördare anger hur väl prognosens fördelning stämmer överens med den levererade fördelning som skördaren redovisar i sin PRD-fil.

Jämförelse prognos – inmätning anger hur väl prognosens fördelning stämmer överens med den inmätta fördelningen. Inmätning används oftast som jämförelsepunkt vid utvärdering av prognoser. Inmättningsdata kommer direkt från sågverkets mätram som sorterar stockarna på millimeternivå.

Jämförelse prognos – postning anger hur väl prognosens fördelning stämmer överens med mättramsens postningsvals fördelning. Postningsvalet tar hänsyn till stockens dimension, skador och formfel. Det är egentligen överensstämmelsen mellan prognos och postning som är riktigt relevant eftersom vad stocken postas som är ett bättre mått på vad stocken slutligen kommer att sågas som, än vad inmätt fördelning är.

Jämförelse skördare – inmätning anger hur väl skördarens produktions fördelning stämmer överens med den inmätta fördelningen. Genom att känna till hur väl skördarens produktion stämmer med inmätning kan man avgöra om det är lämpligt eller ej att använda informationen om ett virkespartis utseende för produktionsplanering innan det blivit inmätt vid sågen.

Jämförelse skördare – postning anger hur väl skördarens produktions fördelning stämmer överens med mättramens postningsvals fördelning. Denna information har i princip samma användningsområde som skördare – inmätning.

Jämförelse inmätning – postning anger hur väl den inmätta fördelningen stämmer överens med postningsvalets fördelning. Detta ger information om vad våra inmätta stockar verkligen postas som. Om avvikelserna är stora mellan dessa minskar vinsterna av att försöka styra virkesflödet mot en viss inmättningsnota, om denna inte korregerar för avvikelser mellan inmätning och postning.

2.3 Material

2.3.1 Stocknota prognos

Stocknota prognos beräknades på 5 objekt av totalt 11 objekt som det fanns data för. Urvalskriteriet var att fullständig data om virkespartiet skulle finnas tillgängligt i varje led samt att avvikelserna i antal stockar mellan prognos och inmätning inte tilläts överstiga 10 %. En större avvikelse än så indikerar att hela virkespartiet inte behandlats som en enhet genom inmätningen eller att endast delar av ett objekt avverkats. De 5 objekt som studerades innehöll tillsammans ca 5 900 m³ vilket utgör ca 9 % av den årliga egna avverkningen eller ca 4 % av sågens totala förbrukning. Medelproduktionen vid AB Forssjö Bruks egen avverkning var under avverkningssäsongen 1999-2000 15 objekt i månaden med en medelvolymer av 848 m³ (Wahlbäck, pers medd.). Utöver dessa fem objekt användes ytterligare fem objekt för att studera skillnaden mellan inmätning och postningsval utan hänsyn till prognos eller skördarstocknota.

Det material som jag har studerat har apaterats med någon av de två prislistorna N89010 eller N89110. Dessa två prislistor används vid AB Forssjö Bruks egen avverkning (Wahlbäck, pers medd.). Båda prislistorerna innehåller nio sortiment för gran och tall samt tre sortiment för löv. Gran och tall innehåller tillsammans 5 normala timmersortiment; tall kvalitet 1, tall kvalitet 2-4, tall kvalitet 5 samt gran kvalitet 1-3 och gran kvalitet 4. Målsättningen är att apatera stockar i sortimenten tall klass 2-4 och gran klass 1-3 (Wahlbäck, pers medd.). Utöver timmersortimenten finns sortiment för bland annat klintimmer, slipers och massaved. I denna studie har endast timmer av tall och gran samt massaved apaterats vid avverkningarna.

Timmersortimenten för tall har 14 diamterklasser från 152 mm till 400 mm och åtta längdklasser från 340 cm till 550 cm. Timmersortimenten för gran har 17 diameterklasser från 155 mm till 400 mm och åtta längdklasser från 340 cm till 550 cm. I prislistan finns två specialdimensioner, Japan-timmer och Dörrtimmer. Japan-timmer apateras ur gran

klass 1-3, diameter 165 mm och längd 320 cm. Dörrtimmer apteras ur tall klass 2-4, diameter 196 mm och längd 500 cm. Samtliga diameterklasser i prislistan motsvarar sågverkets timmerklasser, se utdrag ur prislista i bilaga 1.

Stocknota prognos beräknades med hjälp av programmen StandIn och Aptan. Samma prislista som använts i skördaren har använts i Aptan vid den teoretiska apteringen.

2.3.1.1 StandIn

StandIn används för att med indata från inventering skapa stammar för utbytesanalys i Aptan och andra simuleringsprogram. StandIn kan också användas till att fritt skapa stammar för att göra utbytesanalyser (Ogemark, 2000).

Normalt behövs endast trädens diameterfördelning mätas och eventuellt några (10-15 %) slumpmässiga provträd där även trädhöjden mäts. Sedan kompletterar man den insamlade uppgifterna med kvalitet, skador och ev. höjdkurva från erfarenhetsdata (Ogemark, 2000). I det här fallet kommer data från totalstämplade objekt där man i efterhand har försökt rekonstruera kvalitet och skador. Ett av objekten är inventerat med stickprov. Inventering av bestånden och skapande av stamprofiler har genomförts av AB Forssjö Bruk.

2.3.1.2 Aptan

Aptan simulerar funktionen hos skördarens apteringsdator. Aptan används främst till att konstruera prislistor för styrning av virkesutfallets utseende, jämföra olika prislistor och göra prognoser på utfall vid avverkning (Ogemark et al., 2000).

Teoretisk aptering i Aptan kräver indata i form av STM-filer (skapas i Standin) samt en prislista mot vilken programmet optimerar utbytet. Programmet kan hantera såväl värdeaptering som fördelningsaptering. I denna del av uppsatsen har endast värdeaptering förekommit.

Utdata från apteringen i Aptan är stocknotor för alla sortiment som finns i prislistan. Jag har endast tagit hänsyn till stocknotorna för timmersortimenten tall klasserna 1, 2-4, 5 samt gran klasserna 1-3 och 4.

2.3.2 Stocknota skördare

Skördarens apteringsdator sparar information om alla stockar som apteras i en produktionsfil, PRD-fil. PRD-filen innehåller information om antalet stockar, längder, diametrar, sortiment och kvaliteter. Stocknota skördare har beräknats med information från PRD-filer från avverkning i utvalda objekt. Skördarens produktionsfiler har hanterats i Aptan.

2.3.3 Stocknota inmätning

Mätramen på AB Forssjö Bruk är av modellen RemaLog 3D. RemaLog 3D är en mätram med 3 mätenheter som tillsammans har 48 lasrar med osynligt infrarött ljus. Mätramen

erhåller mätpunkter på stocken med hjälp av lasertriangulering i en mätfrekvens av 250 ggr/sek. Virkesmätaren anger barktyp som mätramen sedan tar hänsyn till. Mätramen erbjuder fyra olika sorteringsmöjligheter: postningsval, blockdiagonal, medeldiameter och min. diameter. (Forslund, 2000).

Tack vare mätramens avancerade mätning kan man läsa ut omkring 15 relevanta variabler om varje enskild stock, se bilaga 2. De variabler jag har använt mig av är *träslag*, *inmätt längd*, *inmätt diameter*, *manuell kvalitet* och *timmerklass*, *TK*.

Data från inmätningen levereras i tabellform objektsvis där varje stock motsvarar en rad. Inmättningsdata har sorterats till matriser med samma diameterklasser och längdklasser som återfinns i prislister. Endast stockar som avgränsats för att bli timmer återfinns bland inmättningsdata.

Inmätt diameter, som motsvarar vederlagsgrundande diameter, har sorterats till prislister och inmätt längd har sorterats till prislister. Sorterat inmättningsdata har sedan omvandlats till matrisform, stocknota inmätning.

2.3.4 Stocknota postning

Stocknota postning har beräknats på samma sätt som stocknota inmätning med skillnaden att matrisen grundar sig på inmätt längd och timmerklass, i stället för inmätt längd och diameter. Timmerklassen anger vilken timmerklass stocken bedöms kunna sågas i och grundar sig på stockens toppdiameter samt eventuella formfel som mätramen upptäcker.

2.4 Fördelningsgrad

För att jämföra hur väl två stocknotor överensstämmer med varandra kan man beräkna *fördelningsgraden* mellan de två. Fördelningsgraden anger hur de två matrisernas fördelning av längder och diametrar stämmer överens (Sondell, 1991). Fördelningsgraden kan jämföras dels för hela matrisen och dels över varje diameterklass för sig (Drott, 1996). I mina jämförelser har jag beräknat dessa två fördelningsgrader under benämningarna *total fördelningsgrad* samt *diameterklassvägd fördelningsgrad*.

Fördelningsgraden kan uttryckas i procent. Om fördelningsgraden är 100 % råder full överensstämmelse mellan de jämförda matriserna. Om fördelningsgraden är 0 % finns inga likheter mellan de jämförda matriserna.

2.4.1 Total fördelningsgrad

Den totala fördelningsgraden jämför överensstämmelsen mellan två stocknotor, eller matriser, S1 och S2, och beräknas enligt formeln (Fridh, 1999):

$$FG = 1 - \frac{\sum_{i=1}^z |S1_i - S2_i|}{2}$$

där

FG = fördelningsgraden

S1_i = andelen av alla stockar som finns i matriselement i för stocknota S1

S2_i = andelen av alla stockar som finns i matriselement i för stocknota S2

z = antalet element i stocknotan (matrisen). Med element avses här en kombination av längd, diameter, trädslag och kvalitet.

2.4.2 Diameterklassvägd fördelningsgrad

Vid avverkning är det svårt att påverka diameterfördelningen på virket eftersom det i hög grad är givet av beståndets utseende. Däremot går längden bättre att styra mot sågens önskemål (Sondell, pers medd.). Den diameterklassvägda fördelningsgraden visar hur väl längdfördelningen i två matriser stämmer överens.

Den diameterklassvägda diametern används för att jämföra hur väl längdfördelningen i de olika diameterklasserna stämmer överens mellan två matriser. Denna beräknas enligt samma formel som den totala fördelningsgraden med skillnaden att S1_i och S2_i uttrycks som *andel av diameterklassens värde i matrisen*. Den diameterklassvägda fördelningsgraden har viktats mot antalet stockar i respektive diameterklass i prognosen.

2.5 Resultat

Fördelningsgraden har beräknats mellan alla jämförelsepunkter vilket ger 6 fördelningsgradsberäkningar per objekt. För alla objekt har fem kvaliteter beaktats (tall klass 1, tall klass 2-4, tall klass 5, gran klass 1-3, gran klass 4) och såväl total som diameterklassvägd fördelningsgrad har beräknats vilket ger sammanlagt 60 fördelningsgrader per objekt. Resultaten redovisas som ett storleksvägt medel för de olika objekten. Objektets storlek definieras här som antalet stockar vid inmätning. Notera här att samtliga jämförelser här omfattar 5 objekt. Sist i detta avsnitt studeras även fördelningsgraden mellan inmätning och postning för 10 objekt.

Den sammanvägda fördelningsgraden för alla objekt för de olika leden redovisas i tabell 1. Fördelningsgraderna för tall klass 1 och 5 samt gran klass 4 är slumpartade eftersom de klasserna innehåller få stockar (se Tabell 2). Prognosen underskattar antalet stockar i såväl gran klass 4 som tall klass 5. För tall gäller dock att prognosen underskattar andelen

tall klass 1 lika hög utsträckning. Noterbart är också att skördaren endast registrerar cirka 5 % av alla gran klass 4 stockar som sedan mäts in.

Tabell 1. Fördelningsgrad, total och diameterklassvägd (dklv), för olika sortiment, angivet i procent.

Jämförelsepkt \ sortiment	Tall 1		Tall 2-4		Tall 5		Gran 1-3		Gran 4	
	Total	Dklv	Total	Dklv	Total	Dklv	Total	Dklv	Total	Dklv
prognos - skördare	5	5	44	47	0	0	55	58	6	8
prognos - inmätning	10	12	52	55	4	17	52	56	14	27
prognos - postning	8	11	48	54	3	16	53	55	14	27
Skördare – inmätning	42	45	81	83	4	20	82	85	6	19
skördare – postning	39	44	77	81	3	19	82	84	7	25
inmätning – postning	78	82	88	92	77	77	84	87	65	67

Tabell 2. Antalet stockar i olika led, angivet i styck för de 5 objekt som har data för samtliga jämförelsepunkter.

	Tall 1	Tall 2-4	Tall 5	Gran 1-3	Gran 4	Totalt
prognos	129	15875	11	14365	373	30753
skördare	180	16805	124	14696	47	31852
inmätning	902	15576	726	13210	970	31384
postning	875	14836	711	12489	928	29839

I tabell 3 redovisas hur fördelningsgraden mellan de olika leden är om man väljer att inte ta hänsyn till de olika timmersortiment som finns utan istället enbart studerar stockarnas fördelning i olika dimensioner.

Tabell 3. Fördelningsgrad, total och diameterklassvägd, för tall och gran. Ingen hänsyn tagen till olika sortiment. Angivet i %.

	Tall		Gran	
	Total	Dklv	Total	Dklv
prognos - skördare	44	46	54	56
prognos - inmätning	52	54	51	55
prognos - postning	48	54	52	54
skördare - inmätning	80	82	81	84
skördare - postning	76	80	81	83
inmätning - postning	87	91	83	86

Fördelningsgraden utan hänsyn tagen till olika kvalitetsklasser är snarlik den för gran klass 1-3 respektive tall klass 2-4. Nedan redovisas varje jämförelsepunkt mer ingående. Klasserna T1, T5 och G4 innehåller inte tillräckligt många stockar för att uppmärksammas.

Tabell 4. Total fördelningsgrad prognos – skördare (diameterklassvägda värden inom parentes). Alla värden anges i procent.

	medel	max	min
gran 1-3	55 (58)	73 (76)	41 (44)
Gran	57 (59)		
tall 2-4	44 (47)	70 (71)	28 (29)
Tall	45 (47)		

Det verkar inte finnas något samband mellan god överensstämmelse i antal stockar och hög fördelningsgrad mellan objekten. Det finns en variation mellan max och min. värden men resultaten ligger ganska samlat.

Tabell 5. Total fördelningsgrad prognos – inmätning (diameterklassvägda värden inom parentes). Alla värden anges i procent.

	medel	max	min
gran 1-3	52 (56)	69 (72)	46 (47)
Gran	54 (57)		
tall 2-4	52 (55)	67 (69)	31 (33)
Tall	51 (53)		

Tabell 6. Total fördelningsgrad prognos - postning (diameterklassvägda värden inom parentes). Alla värden anges i procent.

	medel	max	min
gran 1-3	53 (55)	69 (71)	44 (45)
Gran	55 (57)		
tall 2-4	48 (54)	52 (69)	32 (33)
Tall	52 (58)		

Observera att den diameterklassvägda fördelningsgraden för tall 2-4 är densamma som prognos – inmätning samtidigt som den totala fördelningsgraden sjunker. Denna förändring återfinns inte i gran 1-3.

Tabell 7. Total fördelningsgrad skördare - inmätning (diameterklassvägda värden inom parentes). Alla värden anges i procent.

	medel	max	min
gran 1-3	82 (85)	89 (91)	67 (74)
Gran	79 (82)		
tall 2-4	81 (83)	88 (90)	75 (84)
Tall	82 (84)		

Medelfördelningsgraden för gran och tall är relativt lika men det är större skillnad mellan granens max- och min. värde än tallens.

Tabell 8. Total fördelningsgrad skördare - postning (diameterklassvägda värden inom parentes). Alla värden anges i procent.

	medel	max	min
gran 1-3	82 (84)	86 (86)	76 (80)
Gran	82 (84)		
tall 2-4	77 (81)	86 (88)	70 (86)
Tall	75 (78)		

Tabell 9. Total fördelningsgrad inmätning - postning (diameterklassvägda värden inom parentes). Alla värden anges i procent.

	medel	max	min
gran 1-3	84 (87)	88 (90)	81 (87)
Gran	81 (83)		
tall 2-4	88 (92)	91 (94)	75 (89)
Tall	84 (88)		

I tabell 8 och tabell 9 är skillnaden mellan min- och maxvärdets diameterklassvägda fördelningsgraden betydligt mindre än skillnaden mellan den totala fördelningsgraden.

Utöver de fem objekt för vilka data finns tillgängligt från prognos till postning har beräkningar gjorts på ytterligare 5 objekt, där bara inmätning - postning har studerats. Den totala fördelningsgraden med 10 objekt om sammanlagt 58 000 stockar var 88 % för tall klass 2-4 och 80 % för gran klass 1-3.

3 Traktbankens storleks inverkan

3.1 Inledning

3.1.1 Bakgrund

Råvaran utgör omkring 70 % av ett sågverks kostnader (Stendahl, pers medd.). När trädet väl är avverkat och apterat finns ingen möjlighet att ändra stockarnas utseende och till viss del är timrets slutliga användning avgjord. På grund av detta är det angeläget att råvaran, timret, tillreds på ett sådant sätt i skogen att det på bästa sätt kan vidareförädlas i sågverket. Utöver tillredningen av den enskilda stammen är det också viktigt att man väljer de avverkningsobjekt som har bäst förutsättningar att leverera de sortiment och dimensioner som är efterfrågade av sågen. För att kunna välja avverkningsobjekt, trakter, är prognoser på utfall vid avverkning ett stort hjälpmedel. Dessa trakter kan sedan tillsammans forma det timmerflöde från skog till såg som önskas. Ett problem ligger i hur stort lager av trakter, traktbank, man bör ha och om detta ger större flexibilitet för att möta skiftande efterfrågan från marknaden. Med traktbank avses, som tidigare nämnts, ett lager av avverkningsobjekt som är redo för avverkning och för vilka det föreligger en prognos på stocknotnivå över förväntat utfall vid avverkning.

För att studera hur väl vi kan styra timmerflödena från skog till såg har jag i denna del försökt optimera utfallet från teoretisk aptering för att se hur väl man med rätt kombination av objekt kan uppfylla flera olika önskestocknotor i sågverket. Önskestocknotan är det diameter- och längdönskemål som sågverket specificerar (Drott, 1996). Hur önskestocknotan ser ut avgörs av vilket efterfrågescenario som antas råda. I den här uppsatsen har jag antagit fyra olika scenarier: referens, ökad efterfrågan på gran (grankonjunktur), ökad efterfrågan på tall (tallkonjunktur) samt ökad efterfrågan på AB Forssjö Bruks specialdimensioner Japan-timmer och Dörrtimmer. Scenariot referens syftar till att visa hur flödet blir när ingen speciell styrning appliceras. Hur väl sågverkets önskemål kan uppfyllas kan antas påverkas av hur många objekt som finns tillgängliga i traktbanken.

3.1.2 Syfte och genomförande

Syftet med denna del av uppsatsen är att studera hur traktbankens storlek påverkar möjligheten att styra avverkningen till de objekt som ger det utbyte som är mest eftertraktat av sågverket.

Skiftande efterfrågan simulerades genom att skapa prislistor för de olika scenarier som skall simuleras; referens, grankonjunktur, tallkonjunktur och specialdimensioner. Med hjälp av prislistor gjordes prognoser för ett 40-tal objekt för samtliga scenarier. Det samlade utfallet för respektive scenario bestämde sedan hur önskestocknotans fördelning skulle se ut. För varje önskestocknota för respektive scenario användes två varianter som skilde sig åt vad gäller fördelningen mellan gran och tall. Tre olika traktbanksstorlekar skapades genom att lotta fram objekt ur det 40-tal som fanns tillgängliga. De tre traktbanksstorlekarna motsvarar 130 %, 170 % och 230 % av en månads avverkning. De

objekt som valts ut till traktbankerna optimerades mot önskestocknotan genom linjär programmering i LINDO.

3.2 Material

3.2.1 Korrigering av prognosens värde

I kapitel 2 visade det sig att prognosen inte var tillräckligt tillförlitlig. För att optimeringen av objekt ur traktbanken skall bli mer verklig föreligger således anledning att korrigera Aptans prognos. Storleken på korrigeringen är beroende av vilka fel man uppskattar att det finns i prognosen som uppskattar utfallet. Den stora skillnaden mellan prognosens och inmätningens fördelning ligger i skillnaden i ordning mellan diameterklasserna samt att prognosen systematiskt överskattar andelen långa stockar. För att korrigera för diameterfelet jämnades antalet stockar i varje cell ut mellan diameterklasserna genom att låta 10 % av stockarna i varje cell vandra till närmast högre diameterklass i samma längdklass och 10 % av stockarna till närmast lägre diameterklass. För de högsta och lägsta diameterklasserna i varje längdklass gällde att 20 % av antalet stockar vandrade till den närmaste diameterklassen i samma längdklass. Siffran 10 % är ett antaget värde som medför att prognosstocknotan och inmätningstocknotan bättre överensstämmer. Längdfelet korrigerades genom att multiplicera alla celler i längdklassen med aktuellt korrigeringstal, se tabell 10. Korrigeringstalet beräknades ur skillnaden mellan antal stockar i olika längdklasser mellan prognos och inmätning. Prognos enskilda objekt samt önskestocknotans fördelning utsattes för denna korrigering.

Tabell 10. Korrigeringstal för längdklasser.

Längdklass, cm	Korrigeringstal, tall	Korrigeringstal, gran
320	----	0.818
340	5.01	1.773
370	2.487	3.106
400	2.991	3.003
430	1.677	2.024
460	0.742	2.364
490	0.787	0.452
500	0.12	----
520	0.263	0.615
550	0.169	0.315

3.2.2 Prislista

Prislistan är det verktyg som avgör hur en given stam kommer att apteras när skördaren väl står i det valda beståndet. Det är således genom prislistans konstruktion vi kan styra timmerflödet mot de dimensioner som vi önskar, inom ramarna för hur skogen ser ut. I simuleringarna i den här uppsatsen har två olika prislistor använts. N89110 i originalutförande har använts för att simulera referensscenariot, grankonjunktur och tallkonjunktur. En utveckling av N89110 där priserna på Japan-timmer och Dörrtimmer ökats med 20 % har använts för att simulera ökad efterfrågan på specialdimensioner.

3.2.3 Önskestocknota

Önskestocknotan är vanligtvis uttryckt som en matris där den önskade andelen av hela matrisen eller enskild diameterklass för varje kombination av längd och diameter uttrycks. Önskat värde i enskild cell i önskestocknotan kan anges som promille av beaktad fördelning vilket kan vara hela matrisen eller en enskild diameterklass. Önskestocknotan i denna studie konstruerades först i relativa tal räknades sedan om till absoluta tal. Se exempel på önskestocknota i bilaga 3.

Önskestocknotan skall i denna del av uppsatsen främst ses som ett sätt att utvärdera olika traktbanksstorlekars förmåga att uppfylla ett visst önskemål från sågverket.

Önskestocknotan för referenssceneriet beräknades genom en teoretisk aptering av 47 objekt i timmerfångstområdet med prislistan N89110. Denna apterings fördelning har sedan anpassats till en volym som motsvarar en månads avverkning, ca 13 000 m³fub. Önskestocknotan är sammansatt av en del som anger vilka tallstockar som önskas och en del som anger vilka granstockar som önskas.

Referensönskestocknotan låg sedan till grund för utformningen av önskestocknotorna för gran- och tallkonjunktur. Dessa skapades genom att ändra proportionerna mellan gran och tall i önskestocknotan för referenssceneriet. För att simulera grankonjunktur ändrades proportionerna mellan gran och tall i önskestocknotan så att granandelen ökades med 20 %. Tallandelen minskades med samma antal stockar som granandelen ökades för att den totala antalet stockar skall vara konstant. Vid tallkonjunktur ökades tallandelen med 20 %, med motsvarande minskning av gran. Önskestocknotan för specialdimension skapades på samma sätt som referensönskestocknotan med skillnaden att prislistan för specialdimension användes istället för N89110 i originalutförande.

De 47 objekt som ingick i den simulerade apteringen valdes för att det var samtliga objekt som fanns tillgängliga i form av STM-filer vid AB Forssjö Bruk när studien inleddes. Materialet är således inte objektivt utvalt. Sammanlagt omfattar objekten ca 58 000 m³fub, med en variation från 87 m³fub till 4414 m³fub.

3.2.3.1 Trädslagssammansättning

Den normala trädslagssammansättningen från egen avverkning vid AB Forssjö Bruk är 61 % gran och 39 % tall, sett över årsvirkesfångsten (Wahlbäck, pers medd.). Den ungefärliga trädslagssammansättningen i det tillgängliga materialet av objekt är ungefär 75 % gran och 25 % tall. För att undersöka om det har någon inverkan om traktbanken har samma trädslagssammansättning som önskestocknotan har simuleringar gjorts av två olika trädslagssammansättningar i önskestocknotan. Dels en simulering där önskestocknotan i referensutförandet har trädslagssammansättningen 60-40 (60 % gran, 40 % tall) och dels med trädslagssammansättningen 75-25 (75 % gran, 25 % tall). Dessa två olika trädslagssammansättningar testas i alla scenarier.

3.2.4 Traktbanken

Med traktbank avses, som tidigare nämnts, ett lager av avverkningsobjekt som är redo för avverkning och för vilka det föreligger en prognos på stocknotnivå över förväntat utfall vid avverkning för. I den här studien finns en prognos som använts för referens, grankonjunktur och tallkonjunktur samt en prognos som använts för specialdimension.

3.2.4.1 Traktbankens storlek

I modellen har minst tre storlekar på traktbank simulerats. Simuleringsperioden är en månads avverkning från egen skog. Medelavverkningen från egen skog är 15 objekt om tillsammans $15 \cdot 848 = 12\,720 \text{ m}^3 \text{fub}$ (Wahlbäck, pers medd.) och det är den volymen som är den volym vi skall leverera. Samtliga traktbanksstorlekar måste alltså uppfylla minst den volymen.

I simuleringen av *liten traktbank* har antagits att traktbanken skall innehålla 30 % fler objekt än vad som kan förväntas avverkas under en månad. Detta motsvarar en totalvolym om $16\,500 \text{ m}^3 \text{fub}$. Den *mellanstora traktbanken* innehåller 70 % fler objekt än vad som kan förväntas avverkas under en månad. Detta motsvarar $22\,000 \text{ m}^3 \text{fub}$. Den *stora traktbanken* innehåller 130 % fler objekt än vad som kan förväntas avverkas under en månad vilket motsvarar $30\,000 \text{ m}^3 \text{fub}$.

3.2.4.2 Val av objekt till traktbanken

Ur ett lager av inventerade objekt lottades de objekt fram som senare skulle användas för att simulera olika storlekar på traktbanken. Det stora lagret av objekt innehöll sammanlagt 47 objekt och en volym av ca $58\,000 \text{ m}^3 \text{fub}$.

För varje traktbanksstorlek har objekt valts ut genom lottning. Lottningen har gjorts med hjälp av slumpal enligt nedanstående förfarande:

- 1) Generera slumpal mellan 1 och 47
- 2) Markera motsvarande objekt, notera volymen
- 3) Upprepa tills den ackumulerade volymen når målvolymen (traktbankens storlek $\pm 500 \text{ m}^3 \text{fub}$).

Inget objekt kan räknas mer än en gång i varje lottning. Objekt som innebär att den ackumulerade volymen överstiger målvolymen är inte valbara. En kombination av objekt som tillsammans når upp till önskad volym lottas fram 10 gånger för varje traktbanksstorlek. Alla 10 kombinationer som lottas fram analyseras sedan i optimeringsmodellen.

3.3 Metoder

3.3.1 Problemformulering

Önskestocknotan anger antalet önskade stockar i varje dimension. De objekt som ingår i traktbanken anger antalet tillgängliga stockar i varje dimension. Genom att kombinera de objekt som tillsammans ger minst avvikelse från önskestocknotan får vi ett mått på hur bra den traktbanksstorleken är. Det aritmetiska medelvärdet på avvikelsen från önskestocknotans värde från de utlottade objekten i respektive fall är utvärderingsmättet för traktbanken.

För att kunna rättfärdiga ovanstående krävs några antaganden om sågverkets önskemål samt tillåtna objektsval.

- Antalet objekt och total volym är oviktigt. Om avvikelserna är så liten som möjligt så kommer det att innebära att resultatet hamnar så nära de 12 720 m³ fub som önskestocknotan anger som mål.
- Ingen hänsyn har tagits till olika dimensioners olika värden. Om en dimension med högt täckningsbidrag eller en dimension med lågt täckningsbidrag inte blir fylld gör ingen skillnad.
- Endast hela avdelningar och objekt kan avverkas. Detta antagande har gjorts för att dels kunna utnyttja det avdelnings/objektstänkande som finns i den skogliga planeringen samt också för att undvika att maskinlag skulle flyttas för att endast avverka delar av objekt. (Detta krav innebär det att man måste använda sig av en blandad heltalsmodell, MIP; se nedan.)
- Överskott i en dimension kan kompensera ett underskott i en annan del av matrisen under förutsättning att klassen med underskott inte har större diameter och längre längd. Vid inledande försök med modellen utan denna restriktion blev den totala avvikelserna mycket stor, vilket gör att minsta möjliga avvikelse skulle bli ett ointressant utvärderingsmått.

3.3.2 Optimeringsmodell

För att uppnå en optimal kombination av objekt används en blandad heltalsmodell (Mixed Integer Programming, MIP).

MIP modellen minimerar den totala avvikelserna, både underskott och överskott, mellan önskestocknotan och den kombination av objekt som väljs. De objekt som tillsammans ger en minimal avvikelse är det optimala valet. MIP-modellen skapades och analyserades i LINDO enligt följande:

$$\text{Min} \sum_{l \in TL} \sum_{d \in TD} nt_{l,d} + \sum_{l \in TL} \sum_{d \in TD} pt_{l,d} + \sum_{l \in GL} \sum_{d \in GD} ng_{l,d} + \sum_{l \in GL} \sum_{d \in GD} pg_{l,d} \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{i \in I} st_{l,d}^i \cdot x_i + nt_{l,d} - pt_{l,d} - ut_{l,d}^{l-1,d} - ut_{l,d}^{l,d-1} - ut_{l,d}^{l-1,d-1} + ut_{l+1,d}^{1,d} + ut_{l,d+1}^{1,d} + ut_{l+1,d+1}^{1,d} = \ddot{O}T_{l,d} \quad \forall l \in TL, d \in TD \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} sg_{l,d}^i \cdot x_i + ng_{l,d} - pg_{l,d} - ug_{l,d}^{l-1,d} - ug_{l,d}^{l,d-1} - ug_{l,d}^{l-1,d-1} + ug_{l+1,d}^{1,d} + ug_{l,d+1}^{1,d} + ug_{l+1,d+1}^{1,d} = \ddot{O}G_{l,d} \quad \forall \quad l \in TL, d \in TD \quad (3)$$

$$x_i \in \{0,1\} \quad \forall \quad i \in I \quad (4)$$

$$nt_{l,d}, pt_{l,d}, ng_{l,d}, pg_{l,d}, ut_{l,d}, ug_{l,d} \geq 0 \quad (5)$$

där:

- $nt_{l,d}$ = underskott av stockar av tall i längdklass l och diameterklass d jmf med önskestocknotan
- $pt_{l,d}$ = överskott av stockar av tall i längdklass l och diameterklass d jmf med önskestocknotan
- $ng_{l,d}$ = underskott av stockar av gran i längdklass l och diameterklass d jmf med önskestocknotan
- $pg_{l,d}$ = överskott av stockar av gran i längdklass l och diameterklass d jmf med önskestocknotan
- $ut_{l,d}^{l',d'}$ = antal stockar av tall i längdklass l och diameterklass d som utnyttjas för att fylla kravet för längdklass l' och diameterklass d' .
- $ug_{l,d}^{l',d'}$ = antal stockar av gran i längdklass l och diameterklass d som utnyttjas för att fylla kravet för längdklass l' och diameterklass d' .
- TL = mängden av längdklasser för tall
- TD = mängden av diameterklasser för tall
- GL = mängden av längdklasser för gran
- GD = mängden av diameterklasser för gran
- x_i = 1 om avdelning i avverkas, annars 0
- I = mängden av avdelningar som ingår i den aktuella traktbanken
- $st_{l,d}^i$ = antal stockar i avdelning i av tall i längdklass l och diameterklass d
- $sg_{l,d}^i$ = antal stockar i avdelning i av gran i längdklass l och diameterklass d
- $\ddot{O}T_{l,d}$ = antal stockar i önskestocknotan av tall i längdklass l och diameterklass d
- $\ddot{O}G_{l,d}$ = antal stockar i önskestocknotan av gran i längdklass l och diameterklass d

I enkelhet innebär modellen enligt (1)-(5) följande:

- (1) Minimera summan av alla underskott och alla överskott mellan utfall och önskestocknotan för alla dimensioner för både gran och tall.
- (2) Summan av alla stockar av tall i en given dimension från valda objekt + de stockar som förs från dimensioner av minst samma längd eller diameter ska vara

lika med kravet i önskestocknotan. Är dessa stockar för få blir det ett underskott. Är det för många blir det ett överskott eller så kan stockarna föras till lägre dimensioner (utom för den minsta dimensionen).

(3) Motsvarande som (2) för gran.

(4) Endast hela objekt kan avverkas.

(5) Variablerna, som står för antal stockar, får bara anta positiva värden.

För att göra MIP-modellen mer hanterlig har antalet dimensioner i modellen minskats jämfört med vad som finns i prislistan. För tall har alla dimensioner som i önskestocknotan innehåller mindre än 75 stockar strukits. För gran har alla dimensioner som i önskestocknotan innehåller mindre än 175 stockar strukits. Anledningen till att olika antal stockar strukits för gran och tall är att det finns betydligt fler granobjekt än tallobjekt med följderna att brist på tall sannolikt skulle uppstå om man hade en gemensam nivå. Efter dessa strykningar återstod 78 grandimensioner och 57 talldimensioner.

Trots att modellen bantades ner hände det i enstaka fall att modellen blev för stor för att den befintliga LINDO-versionen skulle kunna hitta en lösning. I dessa fall ströks den sista dimensionen för gran om tallkonjunktur simulerades och tvärtom vid grankonjunktur. Med den sista dimensionen avses den dimension som innehöll minst stockar, vilket var den grövsta och längsta dimensionen.

3.4 Resultat

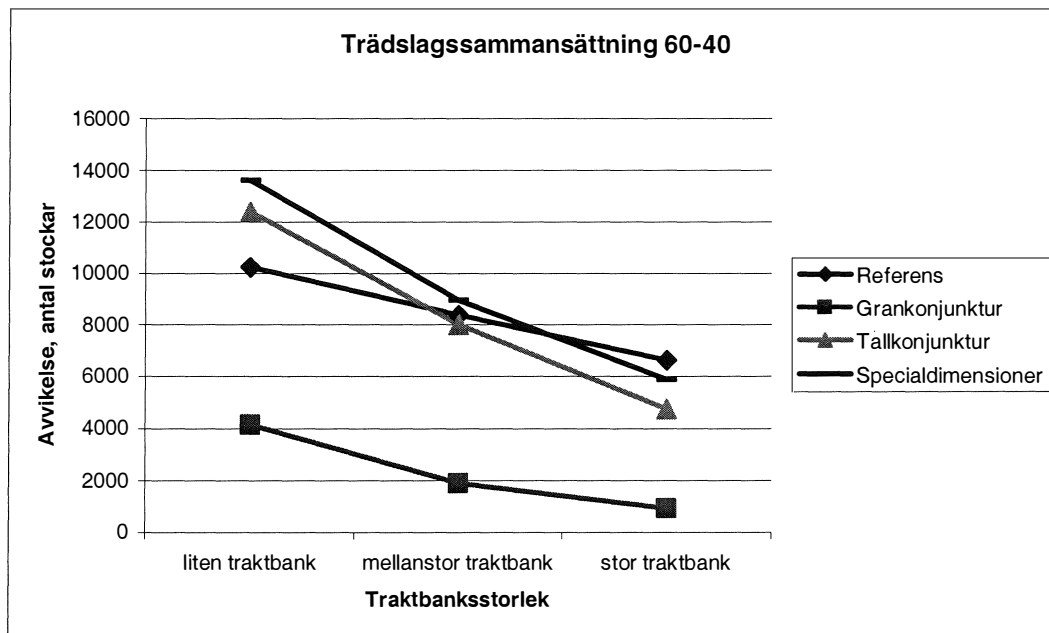
Fyra scenarier optimerades i MIP-modellen; referens, grankonjunktur, tallkonjunktur samt ökad efterfrågan på specialdimension. För varje scenario förelåg 3 traktbanksstorlekar med vardera 10 lottningar, sammanlagt 30 simuleringar per scenario. För samtliga scenarier förelåg trädslagssammansättningen 60-40 (gran-tall) och 75-25 vilket ger ett sammanlagt antal lösningar med MIP modellen av 240.

Tabell 11. Medelvärden och standardavvikelse för olika traktbanksstorlekar, avvikelse i antal stockar. Medelvärden.

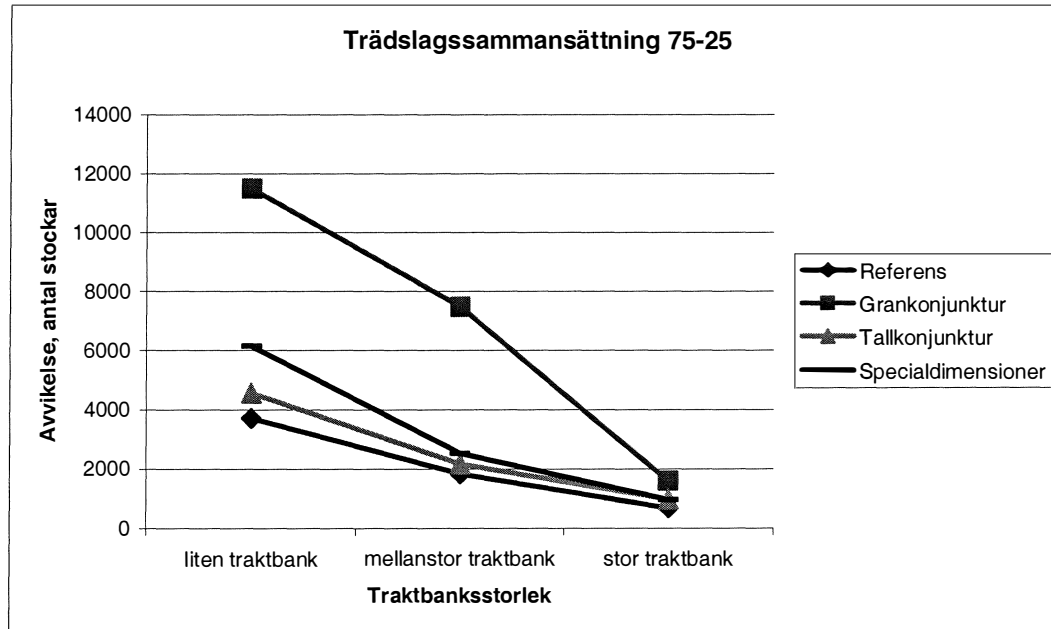
	liten traktbank				mellanstor traktbank				stor traktbank			
	60-40		75-25		60-40		75-25		60-40		75-25	
	medel	st dev	medel	st dev	medel	st dev	medel	st dev	medel	st dev	medel	st dev
referens	10238	967	3714	1708	8376	920	1846	1519	6618	1642	692	273
grankonjunktur	4155	1869	11489	4028	1904	1327	7465	6106	936	651	1595	1277
tallkonjunktur	12388	4091	4564	1749	7996	3118	2171	1112	4746	2548	970	482
specialdimensioner	13616	4302	6143	2489	8960	3502	2532	1325	5886	3779	959	493

I figur 1 och 2 visas hur olika traktbanksstorlekar kan uppfylla olika efterfrågescenarier. Skillnaden mellan figur 1 och 2 ligger i vilken trädslagssammansättning önskestocknotan har. Figur 1 har 60 % gran och 40 % tall vilket motsvarar fördelningen på årsbasis vid

AB Forssjö Bruk. Figur 2 har 75 % gran och 25 % tall vilket bättre motsvarar trädslagssammansättningen i det tillgängliga materialet.



Figur 1. Total avvikelse från respektive önskestocknota i antal stockar för olika traktbanksstorlekar under olika scenarier vid trädslagssammansättningen 60-40 i önskestocknotan.



Figur 2. Total avvikelse från respektive önskestocknota i antal stockar för olika traktbanksstorlekar under olika scenarier vid trädslagssammansättningen 75-25 i önskestocknotan.

Avvikelsen minskar generellt med traktbankens storlek. Standardavvikelsen är lägre i den stora traktbanken än i den lilla traktbanken. Det är genomgående mindre avvikelse vid trädslagssammansättningen 75-25 än 60-40, grankonjunktur undantaget. Med stor traktbank är skillnaden i avvikelse mellan de olika scenarierna liten vid 75-25. Oavsett vilken efterfrågan som antas, så är skillnaden mellan minsta och största avvikelse betydligt större vid liten traktbank än vid stor traktbank.

4 Diskussion

4.1 Tolkning av resultat

De utbytesprognoser som gjorts i denna studie ger en dålig bild av hur timmerflödet kommer att se ut. Oavsett om man beaktar fördelningsgraden mellan prognos och inmätning eller postningsval så har jag inte nått över 60 % vilket måste anses för lågt för att prognosen skall vara användbar. För att prognoser på stocknotnivå för enskilda objekt skall vara värdefulla bör man sannolikt nå fördelningsgrader på 90 – 95 %. En studie gjord av SkogForsk vid Södra skog som omfattade 101 objekt visade på en total fördelningsgrad på 92 % för gran och 89 % för tall (Möller et al., 1999).

En skillnad mellan dessa två studier kan vara kvaliteten på inventeringsdata och noggrannheten i hantering och redovisning av virket. Inventeringen som ligger till grund för prognosen är i SkogForskstudien sannolikt mer noggrant gjord för att passa in för StandIn. Inventeringsdata från AB Forssjö Bruk är, med ett undantag, totalstämplade bestånd utan lika noggrann inventering av kvalitetsgränser och skador. Emellertid, även om man inte tar hänsyn till olika kvaliteter är fördelningsgraderna låga för både gran och tall. En i princip tänkbar orsak är att det skulle ha förekommit uppblandning av olika virkespartier. I det här fallet är det mindre troligt beroende på (a) att avvikelserna är som störst mellan prognos och skördare och (b) att ansvariga bedömer det som osannolikt (Wahlbäck, pers medd.). En möjlig förklaring till den stora skillnaden här skulle teoretiskt kunna vara exceptionellt dåligt kalibrerad mätutrustning i skördarna. Fördelningsgraden mellan prognos och skördare är omkring 50 % för gran och tall, vilket talar emot att virkeshantering och virkesredovisningen skulle vara de enda felkällorna. En möjlig felkälla är om skördarföraren gjort ändringar i prislistan för att han upplever att utfallet inte blir det förväntade vid avverkningen (Sondell, pers medd.).

Fördelningsgraden mellan inmätning och postning är 88 % för tall och 80 % för gran. I och med att det är samma stockar som mäts in som sedan postas, finns inga felkällor i stil med vad som nämnts ovan. Det är helt enkelt inte en identisk fördelning mellan inmätning och postning. För gran är till och med fördelningsgraden högre mellan skördare och postning än mellan inmätning och postning.

Grankonjunktur ger betydligt mindre avvikelse än tallkonjunktur vid trädslagssammansättningen 60-40 i önskestocknotan medan situationen blir den omvända vid trädslagssammansättningen 75-25. Att grankonjunktur ger så liten avvikelse vid 60-40 beror på att trädslagssammansättningen i den aktuella traktbanken ligger närmare 75-25, med följden att det alltså krävs proportionellt mindre gran i önskestocknotan än vad som finns tillgängligt i traktbanken. Sett över hela materialet kan man dra slutsatsen att om trädslagssammansättningen i önskestocknota och traktbank är densamma så blir den totala avvikelserna lägre.

Resultaten indikerar att det finns ett värde i att ha en stor traktbank. Oavsett vilken efterfrågan som har simulerats, så har en stor traktbank gett mindre avvikelse än en liten. Om man antar att endast objekt som finns i en traktbank är valbara för avverkning, blir

skillnaden i kostnad för att upprätthålla en traktbank mellan en stor och liten traktbank liten. Arbetet med inventering och prognos måste utföras tids nog, och det är samma arbete över tiden, oavsett traktbanksstorlek. Skillnaden ligger i när arbetet utförs och den kapitalkostnad för utfört arbete som uppstår i och med att man har ett större lager av inventerade trakter.

En stor traktbank kan generellt bättre uppfylla en given önskestocknota. En liten traktbank kan i enstaka fall ge lika små avvikelser från önskestocknotan som en stor traktbank. Detta indikerar att man kan välja en mindre traktbank, men att man i sådant fall måste vara noggrann i sitt val av objekt till traktbanken. Standardavvikelsen är lägre för stor traktbank än för liten traktbank vilket understryker att det krävs ett mer aktivt val för att en liten traktbank skall vara lika bra som en stor. Om man kan förutse efterfrågan väl och väljer objekt noga kan det räcka med en liten traktbank. Variationer i efterfrågan är emellertid svåra att förutsäga (von Essen, pers medd.). En stor traktbank ställer lägre krav på förmågan att förutse efterfrågan.

Med fördelningsaptering ökar möjligheterna att styra timmerflödet mot önskade längder (Sondell, pers medd.). Om man genomgående tillämpar fördelningsaptering istället för värdeaptering är det tänkbart att man skulle kunna minska traktbankens storlek i förhållande till vad som skulle krävas vid värdeaptering.

En annan aspekt av traktbankens storlek är att om planeringsorganisationen har bra verktyg för att välja objekt borde det leda till att man kunna ha en mindre traktbank. Bra verktyg finns, men som planerings- och drivningsorganisationen ser ut idag är det svårt att minska traktbankens storlek.

4.2 Svagheter i studien

Denna studie är att betrakta som en fallstudie vars giltighet främst omfattar AB Forssjö Bruks verksamhet. Det har inte funnits någon objektivitet i valet av objekt till undersökningen, detta har styrts av vilka objekt som funnits tillgängliga.

Studien tar endast hänsyn till timmerflödet. Det tas ingen hänsyn till det totala virkesflödet som också innehåller, massaved, kubb, slipers med mera. Hur de totala avvikelserna skulle se ut om hänsyn togs till det sammantagna virkesflödet framgår således inte av denna studie.

4.3 Framtida forskning

Framtida forskning i samma ämne skulle med fördel kunna genomföras i ett mer objektivt upplägg, med mer slumpmässigt val av objekt och i större skala. Det vore också intressant att se hur resultat skulle variera mellan olika sågverk med olika produktion.

Det vore intressant att se hur geografiska begränsningar påverkar styrning av timmerflödet genom objektsvisa prognoser. Om de objekt som ger oss det utbyte vi vill ha ligger utspridda över ett stort område blir detta en begränsning eftersom det skulle

kräva många flyttar av maskiner och därmed en lägre produktivitet. Med geografiska begränsningar, där man försöker hålla avverkningsoperationerna någorlunda samlade, kan traktbankens storlek tänkas spela en ännu större roll för möjligheterna att styra timmerflödet. Sannolikt kan detta till viss del kompenseras genom en ännu större traktbank. En intressant lösning vore att klassificera alla objekt efter vilket utfall man kan förvänta sig, geografisk lokalisering samt också drivningsbegränsningar i form av främst grundförhållande men också ytstruktur och lutning (GYL). Genom att känna till markens grundförhållande får vi möjlighet att avgöra om det är ett objekt som är lämpligt att avverka under hela året, eller om det endast är möjligt att avverka under särskilda säsonger. Om man kan definiera de faktorer som styr objektsvalet som variabler med ett antal olika värden borde det dessutom gå att *optimera* virkesflödet och hitta en *optimal* traktbanksstorlek med hjälp av linjär programmering. Skillnaden mot denna studie ligger i att man tar hänsyn till fler faktorer än vilka timmerdimensioner som kommer att falla ut vid avverkning.

Att erhålla en liten avvikelse från önskestocknota i ett kort perspektiv är ingen omöjlighet enligt den här studien. Det vore också intressant att se hur möjligheterna förändras över tiden. Om man plockar russen ur kakan under månad 1, är det då möjligt att få en lika liten avvikelse under månad 2? Det vore också intressant att se hur stora avvikelser man kan få om man genomför en studieperiod på 12 eller 24 månader och simulerar skiftande efterfrågan för enstaka månader. Kan man erhålla en liten avvikelse från önskestocknotan varje månad under en 24 månadersperiod med skiftande efterfrågan? Vad är en rimlig uthållig avvikelelsenivå?

Att styra timmerflödet genom objektsval är en möjlighet, att styra genom förändrad aptering och kanske också apteringsform är en annan. Intressant vore att se hur flödet skulle påverkas bli om man styr det ännu hårdare genom att ändra apteringsform till fördelningsaptering när det kan anses befogat för att erhålla ett speciellt timmerflöde.

Referenser

Litteraturförteckning

- Drott, C. 1996. *Ersättningsform för fördelningsapterat timmer*. SLU. Inst. för skogsekonomi. Arbetsrapport 224. Umeå.
- Forslund, M. 2000. *Utvärdering av ny teknik vid dimensionsmätning av sågtimmer*. KTH. Inst. För Produktionssystem, avd för Träteknologi. Examensarbete nr 48/00. Stockholm.
- Fridh, L. 1999. *Utbytesprognoser av rotstående skog*. SLU. Inst. f. skoglig resurshushållning och geomatik. Arbetsrapport 62. Umeå.
- Hansson, F. 1999. *Inventering före avverkning – metodval och resursåtgång*. SkogForsk. Resultat Nr 15. Uppsala.
- Herweg, C. 1999. *Kundanpassat virkesflöde?* SLU. Skogsmästarskolan. Examensarbete 1995:5. Skinnskatteberg.
- Kihlbom, P., Sondell, J. 1994. *Prov med två simuleringsverktyg för aptering*. SkogForsk. Resultat Nr 16. Uppsala.
- Möller J, J. Ogemark, T. Sondell, J. Hansson, F. Orth, L. *Sawmill order systems on-line with harvesters in Sweden*. FAIR CT 96 1837 PROMOTE, Task 3.5.2, Milestone Report. SkogForsk. Uppsala
- Ogemark, T. Sondell, J. 2000. *Aptan i TimAn 1.1*. Användarhandledning. SkogForsk. Uppsala.
- Ogemark, T. 2000. *StandIn i TimAn 1*. Användarhandledning. SkogForsk. Uppsala.
- Sondell, J. 1991. *Fördelningsaptering – praktiska försök*. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Resultat nr 2. Kista
- Sondell, J. 1997. *Avverkningsprognoser på stocknotenivå - baserade på inventering och simulering*. SkogForsk. Resultat nr 21. Uppsala.

Personliga meddelanden

von Essen, I. Mellanskog Industri AB. Uppsala

Sondell, J. Projektledare. SkogForsk. Uppsala.

Stendahl, M. Försäljningschef. Scaninge Timber. Bollstabruk.

Wahlbäck, V. Inköpschef, AB Forssjö Bruk. Forssjö.

Bilagor

Bilaga 1 Utdrag ur matrisprislista.....	I
Bilaga 2 Utdrag ur inmättningsdata.....	II
Bilaga 3 Exempel på önskestocknota.....	III

Bilaga 1

Bilaga 1. Utdrag ur matrisprislista, sek/m3to

Gran klass 1-3

Längd (cm) \ dia (mm)	155	165	177	185	196	205	217	227	234	247	260	270	285	305	325	345	400
320	0	470	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
340	367	383	398	410	431	447	457	466	466	466	480	486	506	529	536	508	202
370	380	395	410	422	441	456	466	476	476	476	490	496	516	540	547	519	206
400	399	415	430	442	450	463	470	489	490	490	504	511	531	556	563	536	212
430	416	431	450	463	482	486	502	510	511	511	518	524	543	569	578	547	216
460	429	445	460	472	480	485	500	518	518	518	533	537	554	580	589	561	221
490	480	497	515	520	516	513	522	532	532	532	542	547	569	603	610	592	226
520	462	477	493	506	513	519	531	542	549	552	553	558	576	596	600	581	228
550	462	477	492	504	510	515	525	535	548	546	544	550	566	581	585	570	234

Bilaga 2. Utdrag ur inmätningsdata

Mätorder nr	Delmätningsnr	Redovisningsnr	Datum	Trädslag	Inm längd	Inm dia	Postn nr	Sortiment	Barkavdrag	Kvalitet	Man kvalitet	Sort kvalitet	Min dia	Mitt dia	Max dia	Blockdiagonal	Utsortering	Pilh	TK	Fack	Körorder
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	502	217	0	1	4	4	4	4	213	234	273	207	0	12 T7		33	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	526	252	0	1	8	4	4	4	242	251	258	235	0	17 T9		37	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	2	495	172	4	1	5	3	3	3	171	181	202	166	0	8 G4		24	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	2	371	282	14	1	8	3	3	3	275	302	315	271	0	19 G14		44	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	519	333	0	1	18	4	4	4	327	353	437	309	0	22 T13		45	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	2	376	174	5	1	6	3	3	3	173	179	193	170	0	4 G4		24	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	491	383	0	1	20	4	4	4	373	395	490	360	0	5 T16		51	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	345	195	0	1	3	4	4	4	187	202	203	193	0	8 T6		31	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	433	181	0	1	3	4	4	4	180	197	209	179	0	6 T5		29	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	2	495	312	16	1	11	4	4	4	310	326	372	301	0	7 G15		46	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	2	464	247	11	1	9	3	3	3	243	262	285	236	0	16 G11		38	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	461	363	0	1	19	4	4	4	349	373	432	333	0	17 T14		47	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	434	166	0	1	3	2	2	2	159	187	189	157	0	19 T4		27	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	402	234	0	1	4	4	4	4	230	244	265	227	0	10 T9		37	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	434	345	0	1	18	4	4	4	332	354	443	319	0	42 T14		47	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	377	192	0	1	3	4	4	4	184	209	215	177	0	13 T5		29	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	429	185	0	1	3	4	4	4	185	216	209	187	0	16 T6		31	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	2	499	297	15	1	8	4	4	4	287	316	314	287	0	7 G15		46	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	341	238	0	1	7	4	4	4	224	232	248	216	0	6 T8		35	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	503	258	0	1	4	4	4	4	258	288	309	254	0	17 T10		39	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	463	303	0	1	5	4	4	4	295	312	334	290	0	13 T12		43	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	497	257	0	1	0	4	4	4	251	269	298	258	0	14 T10		39	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	435	298	0	1	0	4	4	4	290	311	327	292	0	12 T13		45	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	2	406	228	8	1	8	3	3	3	219	239	254	207	0	8 G8		32	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	397	180	0	1	3	4	4	4	176	195	210	176	0	16 T5		29	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	402	209	0	1	11	3	3	3	204	224	288	196	0	10 T7		33	0
75688719	1	51874406	29-Sep-00	1	401	216	0	1	4	4	4	4	210	230	255	217	0	7 T8		35	0

Bilaga 3

Bilaga 3. Exempel på önskestocknota.

Önskestocknota, relativt belopp. Promille.

TALL

längd\dia	152	164	184	196	208	226	244	260	272	292	312	335	360	400		Sum	%
340	0	1	8	2	8	7	2	2	1	1	1	0	0	0		34	2%
370	1	2	14	4	10	6	4	6	3	3	1	2	0	0		57	3%
400	3	11	5	1	5	6	2	2	2	1	2	0	0	0		40	3%
430	0	0	22	9	11	17	12	10	6	4	3	2	1	0		96	10%
460	0	2	26	7	9	28	14	24	14	17	12	2	1	0		157	15%
490	13	31	6	2	12	26	16	7	13	7	4	3	4	0		145	16%
500	0	0	0	206	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		206	19%
520	7	19	10	0	14	29	14	9	11	10	7	5	7	0		142	16%
550	2	3	9	0	12	28	11	15	18	15	8	1	1	0		125	14%
Sum	27	69	100	231	81	146	75	77	68	57	38	16	14	0		1000	100%
%	3%	9%	16%	22%	11%	17%	6%	6%	5%	3%	2%	0%	0%	0%		100%	

Önskestocknota, absolut belopp. Antal stockar.

TALL

längd\dia	152	164	184	196	208	226	244	260	272	292	312	335	360	400		Sum	%
340	1	4	40	10	39	35	9	9	5	5	4	2	2	0		163	2%
370	4	9	66	19	47	31	20	31	15	14	7	8	2	0		274	3%
400	13	54	26	6	25	27	10	9	8	3	8	2	1	0		193	3%
430	0	0	105	42	52	82	59	49	30	17	16	9	3	0		465	10%
460	2	10	124	34	45	133	69	118	69	81	58	11	5	0		757	15%
490	65	148	29	9	57	125	76	36	63	35	21	16	20	0		701	16%
500	0	0	0	996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		997	19%
520	35	93	49	1	68	141	66	45	53	47	33	23	33	0		685	16%
550	12	16	44	2	59	133	54	74	87	73	39	6	3	0		602	14%
Sum	132	334	484	1119	391	707	363	371	331	275	185	77	67	1		4837	100%
%	3%	9%	16%	22%	11%	17%	6%	6%	5%	3%	2%	0%	0%	0%		100%	

Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation. Rapporterna är indelade i följande grupper: Riksskogstaxeringen, Planering och inventering, Biometri, Fjärranalys, Kompendier och undervisningsmaterial, Examensarbeten samt internationellt. Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

Riksskogstaxeringen:

- 1995 1 Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2 Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning. - metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden. ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.
- 1997 23 Lundström, A., Nilsson, P. & Ståhl, G. Certifieringens konsekvenser för möjliga uttag av industri- och energived. - En pilotstudie. ISRN SLU-SRG-AR--23--SE.
- 24 Fridman, J. & Walheim, M. Död ved i Sverige. - Statistik från Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--24--SE.
- 1998 30 Fridman, J. & Kihlblom, D. & Söderberg, U. Förslag till miljöindexsystem för naturtypen skog. ISRN SLU-SRG-AR--30--SE.
- 34 Löfgren, P. Skogsmark, samt träd- och buskmark inom fjällområdet. En skattning av arealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--34--SE.
- 37 Odell, G. & Ståhl, G. Vegetationsförändringar i svensk skogsmark mellan 1980- och 90-talet. -En studie grundad på Ståndortskarteringen. ISRN SLU-SRG-AR--37--SE.
- 38 Lind, T. Quantifying the area of edge zones in Swedish forest to assess the impact of nature conservation on timber yields. ISRN SLU-SRG-AR--38--SE.
- 1999 50 Ståhl, G., Walheim, M. & Löfgren, P. Fjällinventering. - En utredning av innehåll och design. ISRN SLU-SRG--AR--50--SE.
- 52 Riksskogstaxeringen inför 2000-talet. - Utredningar avseende innehåll och omfattning i en framtida Riksskogstaxering. Redaktörer: Jonas Fridman & Göran Ståhl. ISRN SLU-SRG-AR--52--SE.
- 54 Fridman, J. m.fl. Sveriges skogsmarksarealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--54--SE.
- 56 Nilsson, P. & Gustafsson, K. Skogsskötseln vid 90-talets mitt - läge och trender. ISRN SLU-SRG-AR--56--SE.
- 57 Nilsson, P. & Söderberg, U. Trender i svensk skogsskötsel - en intervjuundersökning. ISRN SLU-SRG-AR--57--SE.

- 1999 61 Broman, N & Christoffersson, J. Mätfel i provträdsvariabler och dess inverkan på precision och noggrannhet i volymskattningar. ISRN SLU-SRG-AR--61--SE.
- 2000 65 Hallsby, G m.fl. Metodik för skattning av lokala skogsbränsleresurser. ISRN SLU-SRG-AR--65--SE.
- 75 von Segebaden, G. Komplement till "RIKSTAXEN 75 ÅR". ISRN SLU-SREG-AR--75--SE.

Planering och inventering:

- 1995 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE
- 1996 15 van Kerkvoorde, M. A sequential approach in mathematical programming to include spatial aspects of biodiversity in long range forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--15--SE.
- 1997 18 Christoffersson, P. & Jonsson, P. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. ISRN SLU-SRG-AR--18--SE.
- 19 Ståhl, G., Ringvall, A. & Lämås, T. Guided transect sampling - An outline of the principle. ISRN SLU-SRGL-AR--19--SE.
- 25 Lämås, T. & Ståhl, G. Skattning av tillstånd och förändringar genom inventerings-simulering - En handledning till programpaketet "NVSIM". ISRN SLU-SRG-AR--25--SE.
- 26 Lämås, T. & Ståhl, G. Om dektering av förändringar av populationer i begränsade områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE.
- 1999 59 Petersson, H. Biomassafunktioner för trädfraktioner av tall, gran och björk i Sverige. ISRN SLU-SRG-AR--59--SE.
- 63 Fridman, J., Löfstrand, R. & Roos, S. Stickprovsvis landskapsövervakning - En förstudie. ISRN SLU-SRG-AR--63--SE.
- 2000 68 Nyström, K. Funktioner för att skatta höjdtillväxten i ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--68--SE.
- 70 Walheim, M. & Löfgren, P. Metodutveckling för vegetationsövervakning i fjällen. ISRN SLU-SRG-AR--70--SE.
- 73 Holm, S. & Lundström, A. Åtgärdsprioriteter. ISRN SLU-SRG-AR--73--SE.

76 Fridman, J. & Ståhl, G. Funktioner för naturlig avgång i svensk skog.
ISRN SLU-SRG-AR--76--SE.

2001 82 Holmström, H. Averaging Absolute GPS Positionings Made Underneath Different
Forest Canopies - A Splendid Example of Bad Timing in Research.
ISRN-SRG-AR--82--SE.

Biometri:

1997 22 Ali, Abdul Aziz. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SEG-AR--22--SE.

1999 64 Berhe, L. Spatial continuity in tree diameter distribution.
ISRN SLU-SRG-AR--64--SE

Fjärranalys:

1997 28 Hagner, O. Satellitfjärranalys för skogsföretag. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.

29 Hagner, O. Textur till flygbilder för skattning av beståndsegenskaper.
ISRN SLU-SRG-AR--29--SE.

1998 32 Dahlberg, U., Bergstedt, J. & Pettersson, A. Fältinstruktion för och erfarenheter från
vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. ISRN SLU-SRG-AR--32--SE.

43 Wallerman, J. Brattåkerinventeringen. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.

1999 51 Holmgren, J., Wallerman, J. & Olsson, H. Plot - Level Stem Volume Estimation and
Tree Species Discrimination with Casi Remote Sensing.
ISRN SLU-SRG-AR--51--SE.

53 Reese, H. & Nilsson, M. Using Landsat TM and NFI data to estimate wood volume,
tree biomass and stand age in Dalarna. ISRN SLU-SRG-AR--53--SE.

2000 66 Löfstrand, R., Reese, H. & Olsson, H. Remote Sensing aided Monitoring of Non-
Timber Forest Resources - A literature survey. ISRN SLU-SRG-AR--66--SE.

69 Tingelöf, U & Nilsson, M. Kartering av hyggeskanter i pankromaötiska SPOT-bilder.
ISRN SLU-SRG-AR--69--SE.

79 Reese, H & Nilsson, M. Wood volume estimation for Älvsbyn Kommun using spot
satellite data and NFI plots. ISRN SLU-SRG-AR--79--SE.

Kompendier och undervisningsmaterial:

1996 14 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 92/96. En analys av skogstill-
ståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri.
ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.

- 21 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. En analys av skogsstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--21--SE.
- 1998 42 Holm, S. & Lämås, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. An analysis of the state of the forest and of some management alternatives for the Östad estate. ISRN SLU-SRG-AR--42--SE.
- 1999 58 Holm, S. samt studenter vid Sveriges lantbruksuniversitet i samband med kurs i strategisk och taktisk skoglig planering år 1998. En analys av skogsstillståndet samt några alternativa avverknings beräkningar för Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--58--SE.

Examensarbeten:

- 1995 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning? Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE.
- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--8--SE.
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB, Örnsköldsviks förvaltning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak (*Quercus Robur* L.) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--10--SE.
- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE.
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forest management planning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--13--SE.

- 16 Tormalm, K. Implementering av FSC-certifiering av mindre enskilda markägares skogsbruk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--16--SE.
- 1997 17 Engberg, M. Naturvärden i skog lämnad vid slutavverkning. - En inventering av upp till 35 år gamla föryngringsytor på Sundsvalls arbetsomsåde, SCA. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN-SLU-SRG-AR--17--SE.
- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE.
- 27 Karlsson, A. En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--27--SE.
- 1998 31 Bendz, J. SÖDRAs gröna skogsbruksplaner. En uppföljning relaterad till SÖDRAs miljömål, FSC's kriterier och svensk skogspolitik. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--31--SE.
- 33 Jonsson, Ö. Trädskikt och ståndortsförhållanden i strandskog. - En studie av tre bäckar i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--33--SE.
- 35 Claesson, S. Thinning response functions for single trees of Common oak (*Quercus Robur* L.) Examensarbete. ISRN SLU-SEG-AR--35--SE.
- 36 Lindskog, M. New legal minimum ages for final felling. Consequences and forest owner attitudes in the county of Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--36--SE.
- 40 Persson, M. Skogsmarksindelningen i gröna och blå kartan - en utvärdering med hjälp av riksskogstaxeringens provytor. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--40--SE.
- 41 Eriksson, F. Markbaserade sensorer för insamling av skogliga data - en förstudie. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--41--SE.
- 45 Gessler, C. Impedimentens potentiella betydelse för biologisk mångfald. - En studie av myr- och bergimpediment i ett skogslandskap i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--45--SE.
- 46 Gustafsson, K. Långsiktsplanering med geografiska hänsyn - en studie på Bräcke arbetsområde, SCA Forest and Timber. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--46--SE.
- 47 Holmgren, J. Estimating Wood Volume and Basal Area in Forest Compartments by Combining Satellite Image Data with Field Data. Examensarbete i ämnet Fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--47--SE.
- 49 Härdelin, S. Framtida förekomst och rumslig fördelning av gammal skog. - En fallstudie på ett landskap i Bräcke arbetsområde. Examensarbete SCA. ISRN SLU-SRG-AR--49--SE.
- 1999 55 Imamovic, D. Simuleringsstudie av produktionskonsekvenser med olika miljömål. Examensarbete för Skogsstyrelsen. ISRN SLU-SRG-AR--55--SE

- 62 Fridh, L. Utbytesprognoser av rotstående skog. Examensarbete i skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--62--SE.
- 2000 67 Jonsson, T. Differentiell GPS-mätning av punkter i skog. Point-accuracy for differential GPS under a forest canaopy. ISRN SLU-SRG-AR--67--SE.
- 71 Lundberg, N. Kalibrering av den multivariata variabeln trädslagsfördelning. Examensarbete i biometri. ISRN SLU-SRG-AR--71--SE.
- 72 Skoog, E. Leveransprecision och ledtid - två nyckeltal för styrning av virkesflödet. Examensarbete i skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--72--SE.
- 74 Johansson, L. Rotröta i Sverige enligt Riksskogstaxeringen. Examens arbete i ämnet skogsindelning och skogsuppskattning. ISRN SLU-SRG-AR--74--SE.
- 77 Nordh, M. Modellstudie av potentialen för renbete anpassat till kommande slutavverkningar. Examensarbete på jägmästarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--77--SE.
- 78 Eriksson, D. Spatial Modeling of Nature Conservation Variables useful in Forestry Planning. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--78--SE.
- 81 Fredberg, K. Landskapsanalys med GIS och ett skogligt planeringssystem. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skogshushållning. ISRN SLU-SRG-AR--81--SE.
- 83 Lindroos, O. Underlag för skogligt länsprogram Gotland. Examensarbete i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--83--SE
- 84 Dahl, M. Satellitbildsbaserade skattningar av skogsområden med röjningsbehov. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--84--SE.
- 85 Staland, J. Styrning av kundanpassade timmerflöden - Inverkan av traktbankens storlek och utbytesprognosens tillförlitlighet. Examensarbete i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--85--SE.

Internationellt:

- 1998 39 Sandewall, Ohlsson, B & Sandewall, R.K. People's options on forest land use - a research study of land use dynamics and socio-economic conditions in a historical perspective in the Upper Nam Nan Water Catchment Area, Lao PDR. ISRN SLU-SRG-AR--39--SE.
- 44 Sandewall, M., Ohlsson, B., Sandewall, R.K., Vo Chi Chung, Tran Thi Binh & Pham Quoc Hung. People's options on forest land use. Government plans and farmers intentions - a strategic dilemma. ISRN SLU-SRG-AR--44--SE.

- 48 Sengthong, B. Estimating Growing Stock and Allowable Cut in Lao PDR using Data from Land Use Maps and the National Forest Inventory (NFI). Master thesis. ISRN SLU-SRG-AR--48--SE.
- 1999 60 Inter-active and dynamic approaches on forest and land-use planning - proceedings from a training workshop in Vietnam and Lao PDR, April 12-30, 1999. Edited by Mats Sandewall ISRN SLU-SRG-AR--60--SE.
- 2000 80 Sawathvong, S. Forest Land Use Planning in Nam Pui National Biodiversity Conservation Area, Lao P.D.R. ISRN SLU-SRG-AR--80--SE.